

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-170232

(43)Date of publication of application : 04.07.1995

(51)Int.Cl. H04B 10/02
H04B 10/18
G02F 1/35
H04J 14/00
H04J 14/02

(21)Application number : 05-313068

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 14.12.1993

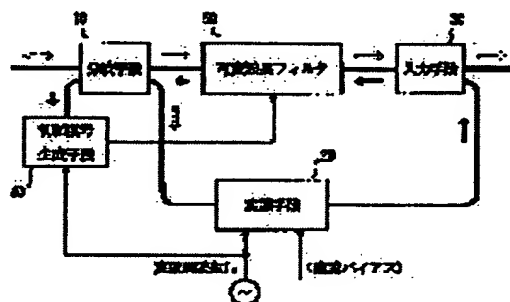
(72)Inventor : IWATSUKI KATSUMI
NISHI SHIGETO
SARUWATARI MASATOSHI

(54) OPTICAL FILTER CONTROL CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To automatically set the central wavelength of an optical filter at the central wavelength of an optical signal without directly affecting the optical signal to be transmitted, and further to slightly shift the central wavelength of the optical filter corresponding to the central wavelength of a light soliton in the case of light soliton transmission.

CONSTITUTION: One part of the optical signal from the preceding stage of a variable wavelength filter 50 is branched by a branching means 10 and applied to a modulating means 20. The modulating means 20 performs frequency modulation to the optical signal to be inputted, loads prescribed offset to its central frequency and supplies that optical signal to an input means 30. The input means 30 inputs this modulated optical signal to the variable length filter 50 reversely from the following stage. A control signal generating means 40 reversely propagates the variable wavelength filter 50, fetches the modulated optical signal branched from the branching means 10, synchronously detects this modulated optical signal with a modulated signal used for frequency modulation at the modulating means 20 and feeds its DC component back to the variable wavelength filter 50 as a control signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-170232

(43) 公開日 平成7年(1995)7月4日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/02				
10/18				
G 0 2 F 1/35				
	9372-5K	H 0 4 B 9/ 00	M	
	9372-5K		E	
審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 8 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-313068

(22) 出願日 平成5年(1993)12月14日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 岩月 勝美

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 西 成人

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 猿渡 正俊

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

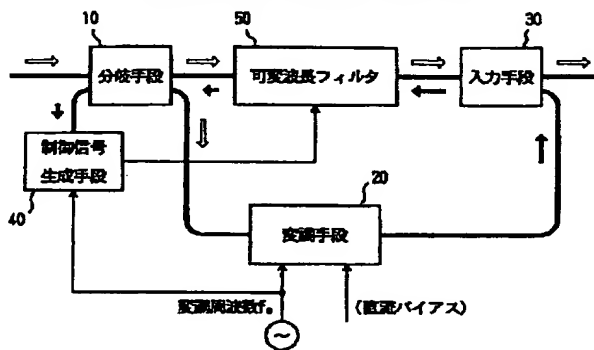
(54) 【発明の名称】 光フィルタ制御回路

(57) 【要約】

【目的】 伝送される光信号に直接影響を与えることなく光フィルタの中心波長を光信号の中心波長に自動設定でき、さらに光ソリトン伝送では光フィルタの中心波長を光ソリトンの中心波長に対してわずかにシフトさせる。

【構成】 分岐手段10は可変波長フィルタ50の前段から光信号の一部を分岐して変調手段20に与える。変調手段20は入力される光信号に周波数変調を施し、かつその中心周波数に所定のオフセットをかけて入力手段30に与える。入力手段30はこの変調光信号を可変波長フィルタ50にその後段から逆方向に投入する。制御信号生成手段40は、可変波長フィルタ50を逆方向に伝搬して分岐手段10から分岐された変調光信号を取り込み、この変調光信号を変調手段20で周波数変調に用いた変調信号で同期検波し、その直流成分を制御信号として可変波長フィルタ50に帰還させる。

本発明の光フィルタ制御回路の基本構成



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光信号が伝搬する伝送路に挿入され制御信号により中心波長が制御される可変波長フィルタに対して、光信号の中心波長に応じた制御信号を与える光フィルタ制御回路において、

前記可変波長フィルタの前段から光信号の一部を分岐する分岐手段と、

前記分岐手段で分岐された光信号に周波数変調を施し、かつその中心周波数に所定のオフセットをかける変調手段と、

前記変調手段から出力された変調光信号を前記可変波長フィルタにその後段から逆方向に入力する入力手段と、前記可変波長フィルタを逆方向に伝搬して前記分岐手段から分岐された変調光信号を取り込み、この変調光信号を前記変調手段で周波数変調に用いた変調信号で同期検波し、その直流成分を前記制御信号として前記可変波長フィルタに帰還させる制御信号生成手段とを備えたことを特徴とする光フィルタ制御回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信システムに用いられる光フィルタの中心波長を制御する光フィルタ制御回路に関する。特に、光ソリトン伝送においてゴードン・ハウス効果により生じるタイミングジッタの低減のために用いる光フィルタの中心波長制御に適する光フィルタ制御回路に関する。

【0002】

【従来の技術】光ソリトンとは、光ファイバの波長分散とその光非線形効果である光カー効果により生じる特殊な光パルスであり、光カー効果によりその強度波形に比例した自己位相変調を受けることでその波形形状を保っている。しかし、実際には、光ファイバの損失により自己位相変調効果が減少するので、伝搬距離が長くなると光ソリトンが崩壊する。したがって、光ソリトンを長距離伝搬させるためには、光増幅器を用いて光ファイバの損失を補償する必要がある。

【0003】ところで、光ソリトンとは、損失補償用の光増幅器から発生する増幅された自然放出光(ASE)が重畳し、その強度波形が変化を受けると、自己位相変調を介して光ソリトンの中心周波数がランダムに変動する。これはゴードン・ハウス(Gordon-Haus)効果と呼ばれるが、この効果により各々の光ソリトンが光ファイバを伝搬するのに要する時間が変動し、タイミングジッタが生じる。光ソリトン伝送では、このタイミングジッタが伝送速度あるいは伝送距離を制限する要因の一つとなるので、伝送速度の高速化および伝送距離の長距離化にはゴードン・ハウス効果の低減が不可欠となる。

【0004】ゴードン・ハウス効果を低減する従来方法には、狭帯域の光フィルタを伝送路中に配置する手法

(① Y.Kodama, A.Hasegawa, "Generation of asymptotically stable optical solitons and suppression of the Gordon-Haus effect", Opt.Lett., 17, pp.31-33, 1992, ② L.F.Mollenauer, J.P.Gordon, S.G.Evangelides, "The sliding-frequency guiding filter: an improved form of soliton jitter control", Opt.Lett., 17, pp.1575-1577, 1992)や、リタイミング信号で伝送路中に配置した光強度変調器を駆動する手法(③ M.Nakazawa, et.al., "10Gb/s soliton data transmission over one million kilometers", Electron.Lett., 27, pp.1270-1272, 1991)がある。

ically stable optical solitons and suppression of the Gordon-Haus effect", Opt.Lett., 17, pp.31-33, 1992, ② L.F.Mollenauer, J.P.Gordon, S.G.Evangelides, "The sliding-frequency guiding filter: an improved form of soliton jitter control", Opt.Lett., 17, pp.1575-1577, 1992)や、リタイミング信号で伝送路中に配置した光強度変調器を駆動する手法(③ M.Nakazawa, et.al., "10Gb/s soliton data transmission over one million kilometers", Electron.Lett., 27, pp.1270-1272, 1991)がある。

【0005】前者の手法は、高速の能動回路を含まない光フィルタだけで構成できるので、後者の手法に比べて有利である。しかし、前者の手法では、光ソリトンの中心波長に対して、光フィルタの中心波長を精度よく設定しなければならない技術的課題がある(前掲論文①)。しかも、伝送路中に多数(伝送距離 10000km に対して 200~500個)存在する光フィルタの中心波長を 0.001nm 程度の精度で設定するためには、光フィルタの中心波長を光ソリトンの中心波長に追従して自動設定する光フィルタ制御回路が必要となる。

【0006】また、狭帯域の光フィルタによる帯域制限は、光増幅器を中継器に用いたIM/DD(Intensity Modulation/Direct Detection)伝送系で発生する自然放出光(ASE)によるSN比の劣化を防ぐためにも有効である。しかし、この場合にも光信号の中心波長が温度変化あるいは経年変化により変動することから、光フィルタの中心波長を光信号の中心波長に自動設定する光フィルタ制御回路が必要となる。

【0007】図5は、従来の光フィルタ制御回路の構成例を示す。図において、光フィルタ制御回路は、可変波長フィルタ50にディザ(微小な正弦波)をかける発振器61と、その周波数成分が零となるようにフィードバックループを組む光プラ62、光検出器63、乗算器64、低域通過フィルタ(LPF)65、加算器66とにより構成される。このフィードバックループにより、可変波長フィルタ50の中心波長を光信号の中心波長に自動的に一致させることができる。

【0008】【発明が解決しようとする課題】ところで、図5に示す従来の光フィルタ制御回路の構成では、光フィルタのディザにより光信号に無用な強度変調がかかり、特に光ソリトンの場合にはその強度変調によりゴードン・ハウス効果が増大し、かえってタイミングジッタが増えてしまう問題があった。

【0009】

また、光ソリトン伝送において前掲論文②では、光フィルタの中心波長を光ソリトンの中心波長に対してわずかに(〜300MHz)シフトさせる必要性が指摘されている。しかし、図5に示す従来の光フィルタ制御回路の構成では、光フィルタの中心波長と光ソリトンの中心波長が一致するように制御され、その要求に応える

【0009】また、光ソリトン伝送において前掲論文②では、光フィルタの中心波長を光ソリトンの中心波長に対してわずかに(〜300MHz)シフトさせる必要性が指摘されている。しかし、図5に示す従来の光フィルタ制御回路の構成では、光フィルタの中心波長と光ソリトンの中心波長が一致するように制御され、その要求に応える

ことはできなかった。

【 0 0 1 0 】本発明は、伝送される光信号(光ソリトン) に直接影響を与えることなく光フィルタの中心波長を光信号(光ソリトン) の中心波長に自動設定でき、さらに光ソリトン伝送では光フィルタの中心波長を光ソリトンの中心波長に対してわずかにシフトさせることができる光フィルタ制御回路を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【 課題を解決するための手段】図1 は、本発明の光フィルタ制御回路の基本構成を示す。図において、可変波長フィルタ5 0 は光信号が伝搬する伝送路1 に挿入され、その中心波長は光信号の中心波長に応じた制御信号により制御される。

【 0 0 1 2 】この制御信号を生成する光フィルタ制御回路は、分岐手段1 0、変調手段2 0、入力手段3 0、制御信号生成手段4 0により構成される。分岐手段1 0は可変波長フィルタ5 0の前段から光信号の一部を分岐して変調手段2 0に与える。変調手段2 0は入力される光信号に周波数変調を施し、かつその中心周波数に所定のオフセットをかけて入力手段3 0に与える。入力手段3 0はこの変調光信号を可変波長フィルタ5 0にその後段から逆方向に入力する。制御信号生成手段4 0は、可変波長フィルタ5 0を逆方向に伝搬して分岐手段1 0から分岐された変調光信号を取り込み、この変調光信号を変調手段2 0で周波数変調に用いた変調信号で同期検波し、その直流成分を制御信号として可変波長フィルタ5 0に帰還させる。

【 0 0 1 3 】

【 作用】変調手段2 0における変調周波数を f_m 、オフセット周波数を δf とする。これは、例えば変調手段2 0が光周波数シフタで周波数変調および周波数オフセットを行う構成とすれば、周波数 δf を中心に周期 T ($1/f_m$) の正弦波

$$\delta f + f_m \sin(2\pi f_m t)$$

で光周波数シフタを駆動すればよい。

【 0 0 1 4 】このとき、変調手段2 0に入力された光信号は、その中心周波数 ν_0 が δf だけオフセットされるとともに変調周波数 f_m で周波数変調を受ける。この変調光信号が入力手段3 0を介して可変波長フィルタ5 0に逆方向から入力され、可変波長フィルタ5 0を通過すると、図2に示すように周波数変調 a が強度変調 b に変換される。なお、 c は可変波長フィルタ5 0の透過特性、 d は中心周波数 ν_0 が δf だけオフセットされた光信号(光ソリトン) のスペクトラムを表す。ここで、変調光信号の中心波長と可変波長フィルタ5 0の中心波長が一致する場合には周期 $T/2$ ($=1/2f_m$) の強度変調成分が生じ、周期 T ($=1/f_m$) の強度変調成分が零となる。

【 0 0 1 5 】制御信号生成手段4 0では、変調光信号を変調周波数 f_m で同期検波し、その直流成分を制御信号として可変波長フィルタ5 0に帰還させる。このフィード

バック系は周期 T ($=1/f_m$) の強度変調成分が零となるように作用するので、可変波長フィルタ5 0の中心波長は変調光信号の中心波長(周波数で $\nu_0 + \delta f$) に一致することになる。したがって、分岐手段1 0を通過して可変波長フィルタ5 0に直接入射する光信号は、その中心波長と可変波長フィルタ5 0の中心波長が常に周波数にして δf だけずれるように制御される。

【 0 0 1 6 】しかも、可変波長フィルタ5 0の中心波長制御に用いる変調光信号は可変波長フィルタ5 0に逆方向から入射されるので伝送路上を伝搬することなく、また可変波長フィルタ5 0に帰還される制御信号は直流であるので、従来構成のように伝送される光信号に強度変調がかかることはない。

【 0 0 1 7 】変調手段2 0におけるオフセット周波数 δf は、例えば光周波数シフタを駆動する電圧制御発振器(VCO) に印加する直流バイアスを調整することにより、任意の値に設定することが可能である。すなわち、 $\delta f = 0$ とすれば、可変波長フィルタ5 0の中心波長と光信号の中心波長を一致させることができる。また、例えば $\delta f = 100\text{MHz}$ とすれば、光ソリトンの中心波長に対して可変波長フィルタ5 0の中心波長を100MHzだけずらすことができ、前掲論文②の要求に応えることができる。

【 0 0 1 8 】また、本発明の光フィルタ制御回路は、 $\delta f = 0$ として光信号の中心波長に可変波長フィルタ5 0の中心波長を一致させる中心波長制御を行えば、IM/DD伝送系その他において自然放光(ASE) によるSN比の劣化を防ぐことができる。

【 0 0 1 9 】

【 実施例】図3 は、本発明の第1 実施例の構成を示す。まず、図1に示す基本構成と本実施例との対応関係を示す。可変波長フィルタ5 0は電圧制御型ファブリーペロエタロン5 1により構成される。分岐手段1 0は光アイソレータ1 1および光カプラ1 2により構成される。変調手段2 0は、発振器2 1、加算器2 2、電圧制御発振器(以下VCO) 2 3₁、2 3₂、音響光学変調器(以下AOM) 2 4₁、2 4₂により構成される。入力手段3 0は光アイソレータ3 1および光カプラ3 2により構成される。制御信号生成手段4 0は光検出器4 1、増幅器4 2、乗算器4 3、低域通過フィルタ(以下LPF) 4 4および増幅器4 5により構成される。

【 0 0 2 0 】光信号は光アイソレータ1 1を通過し、光カプラ1 2でその一部が分岐されてAOM2 4₁に導かれる。一方、発振器2 1から出力される周波数 f_m の変調信号は、加算器2 2で直流バイアス DC_1 を加算してVCO2 3₁を駆動する。VCO2 3₁は、直流バイアス DC_1 に対応する周波数 δf を中心に周期 $1/f_m$ の正弦波($\delta f + f_m \sin(2\pi f_m t)$)でAOM2 4₁を駆動し、AOM2 4₁に入力された光信号に周波数変調を施し、さらにその中心周波数を δf だけシフトさせる。この変

5

調光信号は、直流バイアスDC₂が印加されたVCO23₂で駆動されるAOM24₂でさらにその中心周波数を δf だけシフトさせる。なお、2つのAOMにおける周波数シフト方向は正負反対である。このように周波数変調を受け、さらに中心周波数が $\delta f (= \delta f_1 + \delta f_2)$ だけシフトした変調光信号は、光アイソレータ31を通過して光カプラ32から電圧制御型ファブリーペロエタロン51に入力される。

【0021】電圧制御型ファブリーペロエタロン51を通過した変調光信号は、光カプラ12で分岐されて光検出器41に受光される。周波数変調された光信号が電圧制御型ファブリーペロエタロン51を通過すると、周波数変調が強度変調に変換される。ここで、光信号の中心波長と電圧制御型ファブリーペロエタロン51の中心波長が一致すると、周期1/2 f_0 の強度変調成分が生じ、周期1/ f_0 の強度変調成分が零となる。

【0022】そこで、光検出器41の出力を増幅器42で増幅して乗算器43に入力し、発振器21から出力される周波数 f_0 の変調信号で同期検波する。さらに、LPF44でその検波信号から直流成分だけを抽出して電圧制御型ファブリーペロエタロン51に帰還させ、周期1/ f_0 の強度変調成分が零となるように制御する。このフィードバックループにより、光カプラ12を通過して電圧制御型ファブリーペロエタロン51に直接入射する光信号の中心波長と、電圧制御型ファブリーペロエタロン51の中心波長は、常に周波数にして $\delta f (= \delta f_1 + \delta f_2)$ だけずれることになる。

【0023】この $\delta f (= \delta f_1 + \delta f_2)$ は、VCO23₁、23₂に印加する直流バイアスDC₁、DC₂を調整することにより任意に設定することが可能である。ただし、 δf を零にする場合は、AOM24₁で生じた周波数シフト δf_1 がAOM24₂で生じる周波数シフト δf_2 で相殺されるように直流バイアスDC₁、DC₂を調整する。

【0024】図4は、本発明の第2実施例の構成を示す。まず、図1に示す基本構成と本実施例との対応関係を示す。可変波長フィルタ50は電圧制御型ファブリーペロエタロン51により構成される。分岐手段10は光アイソレータ11および光カプラ12により構成される。変調手段20は、パルス発生器25、電圧制御発振器(以下VCO)26₁、26₂、音響光学変調器(以下AOM)27₁、27₂、27₃、光スイッチ28₁、28₂により構成される。入力手段30は光アイソレータ31および光カプラ32により構成される。制御信号生成手段40は光検出器41、増幅器42、乗算器43、低域通過フィルタ(以下LPF)44および増幅器45により構成される。

【0025】光信号は光アイソレータ11を通過し、光カプラ12でその一部が分岐され、光スイッチ28₁を介して交互にAOM27₁とAOM27₂に導かれ、光

6

スイッチ28₂を介して交互に出力される。光スイッチ28₁、28₂で挟まれたAOM27₁、27₂は、直流バイアスDC₁が印加されたVCO26₁で駆動される。ただし、AOM27₁とAOM27₂における光周波数シフトは符号が逆で絶対量が同じである。この光スイッチ28₁、28₂をパルス発生器25から出力される周波数 f_0 の信号で同期切替することにより、光信号に周波数変調が施される。直流バイアスDC₂が印加されたVCO26₂により駆動されるAOM27₃は、周波数変調された変調光信号の中心周波数を δf だけシフトさせる。このように周波数変調を受け、さらに中心周波数が δf だけシフトした変調光信号は、光アイソレータ31を通過して光カプラ32から電圧制御型ファブリーペロエタロン51に入力される。

【0026】電圧制御型ファブリーペロエタロン51を通過した変調光信号は、光カプラ12で分岐されて光検出器41に受光される。周波数変調された光信号が電圧制御型ファブリーペロエタロン51を通過すると、周波数変調が強度変調に変換される。ここで、光信号の中心波長と電圧制御型ファブリーペロエタロン51の中心波長が一致すると、周期1/2 f_0 の強度変調成分が生じ、周期1/ f_0 の強度変調成分が零となる。

【0027】そこで、光検出器41の出力を増幅器42で増幅して乗算器43に入力し、パルス発生器25から出力される周波数 f_0 の信号で同期検波する。さらに、LPF44でその検波信号から直流成分だけを抽出して電圧制御型ファブリーペロエタロン51に帰還し、周期1/ f_0 の強度変調成分が零となるように制御する。このフィードバックループにより、光カプラ12を通過して電圧制御型ファブリーペロエタロン51に直接入射する光信号の中心波長と、電圧制御型ファブリーペロエタロン51の中心波長は、常に周波数にして δf だけずれることになる。この δf は、VCO26₂に印加する直流バイアスDC₂を調整することにより、零を含めて任意に設定することが可能である。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光フィルタ制御回路を用いることにより、伝送される光信号(光ソリトン)に直接影響を与えることなく、光信号(光ソリトン)の中心波長に対して光フィルタの中心波長を自動設定することができる。

【0029】したがって、光増幅器を中継器に用いたIM/DD伝送系その他においては、温度変化や経年変化に追従して光フィルタの中心波長を光信号の中心波長に設定できるので、自然放光(ASE)によるSN比の劣化を改善することができる。また、光ソリトン伝送系では、ゴードン・ハウス効果によるタイミングジッタの抑圧が可能となり、伝送速度の高速化および伝送距離の長距離化を実現することができる。

【0030】特に、本発明の光フィルタ制御回路は、光

7

8

ソリトンの中心波長に対して光フィルタの中心波長をわずかにずらすことが可能となるので、光フィルタによる帯域制限によって光ソリトンが被る影響を最小限に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光フィルタ制御回路の基本構成を示すブロック図。

【図2】本発明による光フィルタの中心波長制御原理を説明する図。

【図3】本発明の第1実施例の構成を示すブロック図。 10

【図4】本発明の第2実施例の構成を示すブロック図。

【図5】従来の光フィルタ制御回路の構成例を示すブロック図。

【符号の説明】

10 分岐手段

11 光アイソレータ

12 光カプラ

20 変調手段

21 発振器

22 加算器

23, 26 電圧制御発振器(VCO)

24, 27 音響光学変調器(AOM)

25 パルス発生器

28 光スイッチ

30 入力手段

31 光アイソレータ

32 光カプラ

40 制御信号生成手段

41 光検出器

42, 45 増幅器

43 乗算器

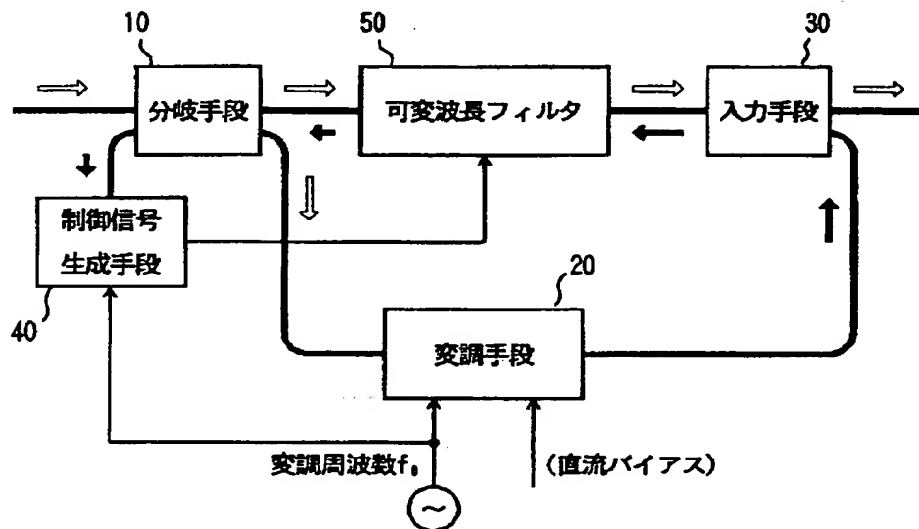
44 低域通過フィルタ(LPF)

50 可変波長フィルタ

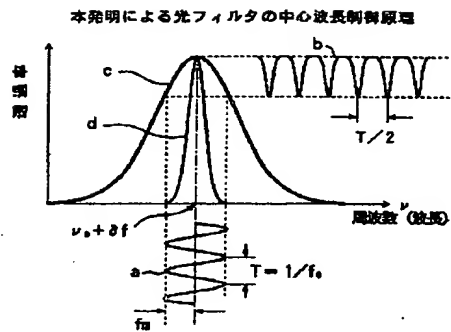
51 電圧制御型ファブリーペロエタロン

【図1】

本発明の光フィルタ制御回路の基本構成

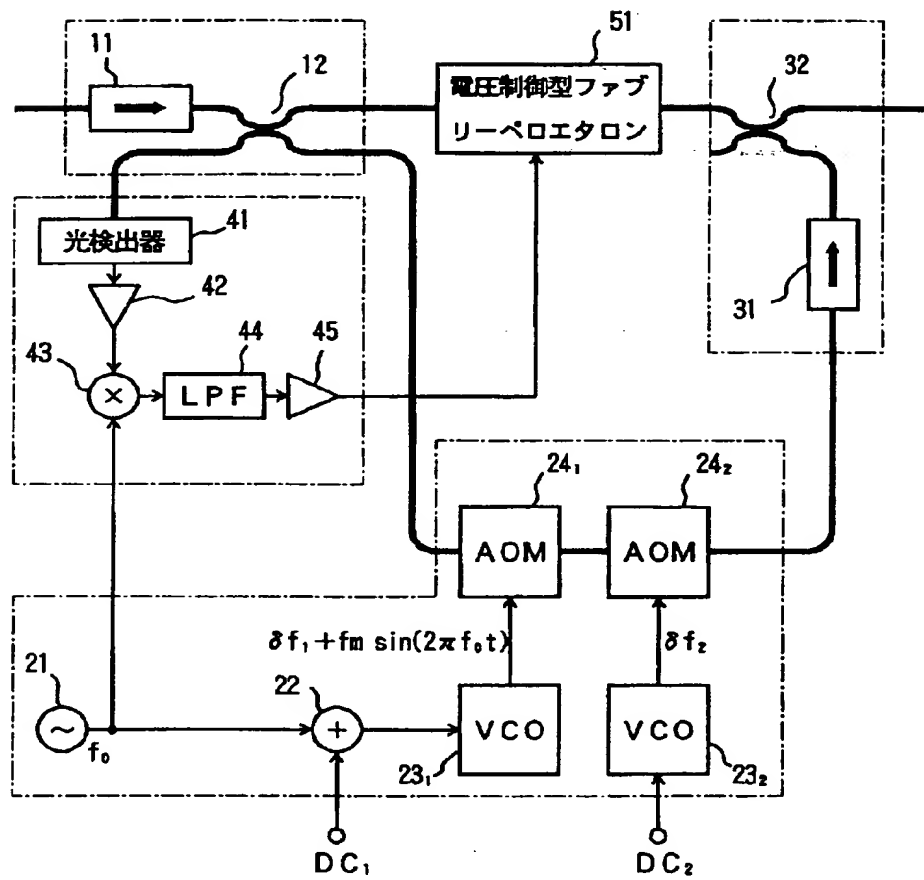


【 図2 】



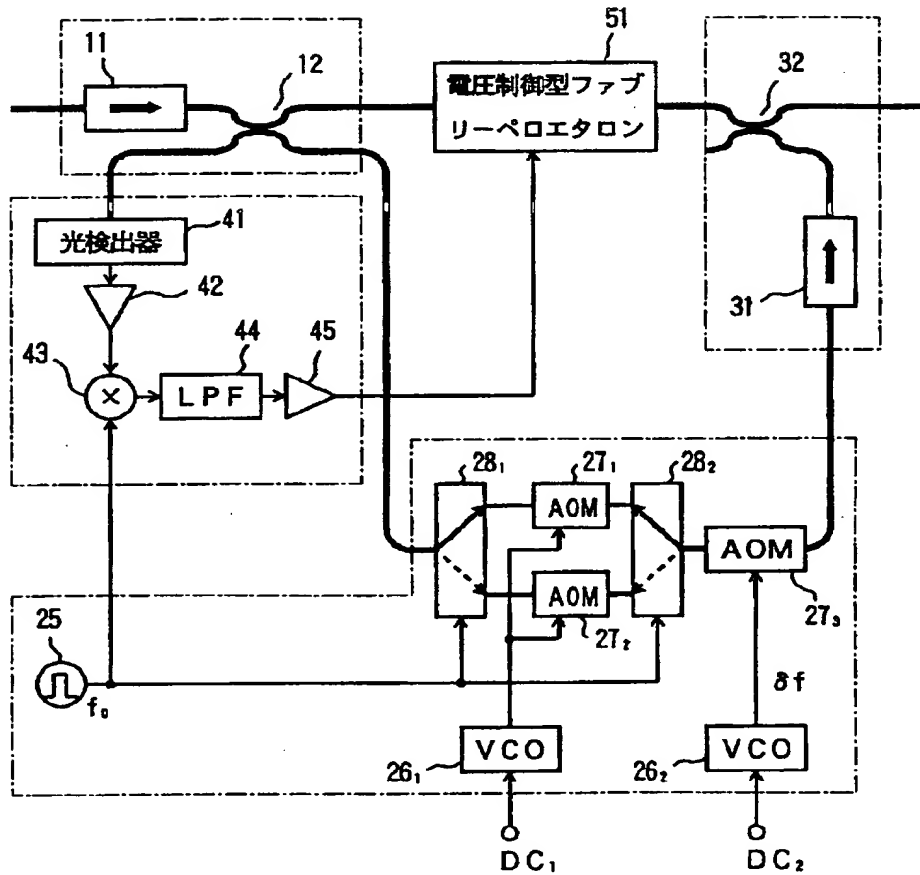
【 図3 】

本発明の第1実施例



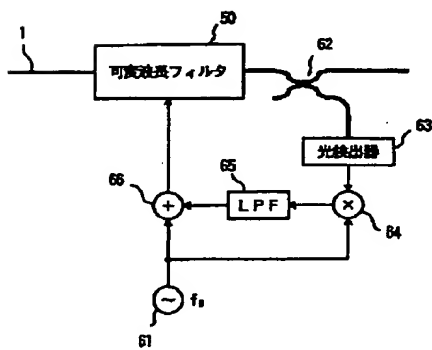
【 図4 】

本発明の第2実施例



【 図5 】

従来の光フィルタ制御回路の構成例



フロント ページの続き

(51) Int. Cl.⁶H0 4 J 14/00
14/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所